



1

⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 199 27 136 C 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
C 22 C 9/02

⑳ Aktenzeichen: 199 27 136.4-24
㉑ Anmeldetag: 15. 6. 1999
㉒ Offenlegungstag: -
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 1. 3. 2001

DE 199 27 136 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber:
Wieland-Werke AG, 89079 Ulm, DE

⑦ Erfinder:
Bögel, Andreas, Dr., 89264 Weißenhorn, DE;
Hofmann, Uwe, Dr., 89231 Neu-Ulm, DE

⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US 44 78 651
US 41 16 686
US 40 25 367

Deutsches Kupferinstitut: Legierungen des Kupfers
mit Zinn, Nickel, Blei und anderen Metallen,
Berlin, 1965, S.55-58;

⑤ Verwendung einer Kupfer-Zinn-Eisen-Legierung

⑦ Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Kupfer-
Zinn-Eisen-Legierung, die aus 4 bis 12% Zinn; 0,1 bis 4%
Eisen; Rest Kupfer und üblichen Verunreinigungen be-
steht, zur Herstellung von gefügten Bauteilen, wie insbe-
sondere Schmuck, Bekleidungsaccessoires oder Brillen
usw.

DE 199 27 136 C 1

Die Erfindung betrifft die Verwendung von CuSn-Legierungen für unter Wärmeeinwirkung (Löten, Schweißen) gefügte Bauteile, insbes. zur Herstellung von gelöteten oder geschweißten Schmuckstücken, Bekleidungsaccessoires, Brillen und Brillenteilen. Unter Brillenteilen sollen dabei insbes. Brillenbügel, Brillenscharniere und Augenrandprofile verstanden werden.

CuSn-Legierungen werden in großem Umfang sowohl als Gußwerkstoffe als auch als Knetwerkstoffe eingesetzt. Diese Werkstoffklasse findet sich in zahlreichen Anwendungen in der Elektrotechnik, im Maschinen- und Apparatebau sowie in der Feinwerktechnik aber auch in der Schmuckindustrie. Die üblichen Zusammensetzungen liegen im Bereich von 0,1 bis 11% Sn, 0,01 bis 0,4% P, Rest Cu. (Hier und im Folgenden werden die Gehalte einzelner Legierungszusätze als Massenanteil in Gew.-% angegeben.) Die Vorteile dieser sog. Phosphor-Bronzen sind, daß sie weltweit sehr gut verfügbar und preiswert sind sowie dem Konstrukteur neben sehr guter physikalischer Eigenschaften auch hervorragende Kennwerte für die mechanische Festigkeit und die Duktilität bieten. Dabei bringen sie eine hinreichende Korrosionsbeständigkeit für die unterschiedlichsten Anwendungen mit.

Namentlich für die Herstellung von Bauteilen kleiner Abmessungen mit komplizierten Geometrien ist die Verwendung knetbarer CuSn-Werkstoffe besonders attraktiv. So werden beispielsweise in der DIN 17662 für eine breite Palette von Anwendungen 4- bis 8-prozentige Bronzen definiert, die neben Sn bis zu 8,5% auch P als Legierungsbestandteil von 0,01 bis 0,35% vorschreiben. Als andere Beimengungen werden Fe bis 0,1%, Ni bis 0,3%, Zn bis 0,3% und Pb bis 0,05% genannt.

Besonders für die Bedarfe mit Anforderungen an elektrische Leitfähigkeit und Eignung für elektromechanische Bauteile wurden zahlreiche Verbesserungen für diese Werkstoffklasse vorgestellt. Als neueste Beispiele seien die WO 98/20176 und WO 98/48068 erwähnt. Diese Arbeiten konzentrieren sich ganz wesentlich auf die Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit und Relaxationsbeständigkeit der traditionellen CuSn-Werkstoffe. Solche Speziallegierungen finden zunehmend Eingang in die Anwendungen der Elektrotechnik und Elektromechanik, da die erzielten Verbesserungen für diese speziellen Anwendungen erheblich sind.

Für den Einsatz im Maschinen- und Apparatebau, in der Feinwerktechnik und in der Schmuckindustrie erscheinen die erzielten Verbesserungen allerdings von geringem Interesse zu sein. Hier werden nach wie vor fast ausschließlich die klassischen P-Bronzen eingesetzt. Dies mag darin begründet sein, daß diese Werkstoffgruppe hinsichtlich der durch Kaltverformung einstellbaren Eigenschaften für eine große Anzahl von Anwendungsfällen sehr wohl gut ausreichend ist. Allerdings sind einige Mängel offensichtlich.

Für die Herstellung von Funktionsteilen sind häufig auch Fügeoperationen durchzuführen. Oft werden dazu Schweiß- und Hartlötverfahren eingesetzt. Durch den Wärmeeintrag in die zu fügenden Bauteile werden in der Wärmeeinflußzone Festigkeitsverluste durch Erholung oder Rekristallisation verursacht. Dies ist besonders bei Anwendung von Schmelzschweißverfahren und von Hartlötverfahren von Bedeutung. Um den Festigkeitsverlust möglichst gering zu halten, werden, wo immer möglich, Hartlötverfahren statt Schweißverfahren eingesetzt. Mit den Arbeitstemperaturen von Loten ab 450°C können so Fügeaufgaben gelöst werden, die einen Kompromiß aus verbleibender hoher Festigkeit und guter Belastbarkeit der Fügestelle erfordern.

Bei zur Hilfenahme eines Zusatzwerkstoffes, nämlich des Lotes, spielt die Festigkeit des verwendeten Lotes für die mechanische Stabilität des gefügten Verbundes ebenfalls eine Rolle. Daher besteht der Wunsch nach bruchfesten Loten. Höherfeste Lote erfordern aber in der Regel höhere Arbeitstemperaturen. Dadurch vergrößert sich naturgemäß der Wärmeeintrag in die gefügten Teile, woraus ein verstärkter Festigkeitsverlust in den Bereichen nahe des Lötspaltes resultiert. Es ergibt sich also die Notwendigkeit zur Verwendung möglichst entfestigungsbeständiger Werkstoffe, wenn die Festigkeit des gefügten Verbundes optimiert werden soll.

In der Vergangenheit hat es nicht an Versuchen gefehlt, für bestimmte Konstruktionsaufgaben Werkstoffe mit hoher Entfestigungsbeständigkeit für solche Anwendungen vorzuschlagen. Dafür sind die Entwicklungen im Bereich der Ni-freien Werkstoffe für die Brillenindustrie ein gutes Beispiel. Hier wurden verschiedenste Zusammensetzungen auf Basis von CuAl- und CuTi-Systemen formuliert. Sie bieten bessere Federeigenschaften und Entfestigungsbeständigkeiten als die heute zum Beispiel für Brillenbügel eingesetzten Phosphor-Bronzen.

Bei der Verwendung dieser Ni-freien Legierungen zeigte es sich nun, daß besonders das Hartlöten unter Schutzgas erhebliche Probleme bereitet, da diese Werkstoffe auch mit einer sauerstoffarmen Atmosphäre reagieren, wodurch die Benetzung der Bauteiloberflächen mit dem Lot stark behindert wird. Die Verarbeitbarkeit durch Hartlöten ist nur unter zur Hilfenahme von aggressiven Flußmitteln in dem gewünschten Umfang möglich. Die Verwendung solcher aggressiven Flußmittel erscheint heute unter den Aspekten der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes als nicht mehr zeitgemäß. Daneben müssen auch farbliche Veränderungen der gefügten Bauteile durch das Flußmittel und Rückstände der Flußmittel aufwendig entfernt werden. Unvermeidbar ist diese Reinigung, wenn es sich um Sichtflächen handelt oder aus anderen Gründen eine gleichmäßiges Aussehen erforderlich ist. Unabhängig von der Verwendung von Flußmitteln tendieren CuSn-Legierungen zur Verfärbung in der Wärme. Dieses Phänomen ist als die Bildung von Anlauffarben bekannt. Auch dies erfordert gegebenenfalls eine Reinigung der gefügten Bauteile. Diese Nachbehandlungen sind kostentreibend und damit unerwünscht.

Es drängt sich so auf dem Gebiet der Schmuckstücke, Bekleidungsaccessoires, Brillen und Brillenteile der Wunsch nach Werkstoffen auf, die einerseits hinsichtlich Festigkeit und Entfestigungscharakteristik den zuvor dargestellten Spezialitäten gleichkommen, aber andererseits die Vorteile der sehr gut hartlötbaren Sn-Bronzen bieten. Darüber hinaus ist eine Verringerung der Neigung zur Ausbildung von Anlauffarben willkommen.

Die dadurch gestellte Aufgabe wird durch die vorliegende Erfindung in der Weise gelöst, daß für die oben genannten gelöteten oder geschweißten Bauteile eine Legierung verwendet wird, bei der zu der Grundzusammensetzung von Kupfer und von 4 bis 12% Sn ein Fe-Gehalt von 0,1 bis 4% zulegiert wird. Diese Legierung zeichnet sich durch eine besonders hohe Festigkeit und Entfestigungsbeständigkeit aus. Entgegen der bisher üblichen Ansicht ist eine Desoxidation zum Beispiel mit P, wie weiter oben beschrieben, nicht notwendig. Bei Einstellung von Fe-Gehalten in der Legierung

wird offensichtlich das Auftreten von dem gefürchteten Sn-Oxid soweit unterbunden, daß auf zusätzliche desoxidierende Maßnahmen verzichtet werden kann. Die Fe-Zusätze sorgen zudem überraschenderweise für eine Verbesserung der Beständigkeit gegen Verfärbung in der Wärme.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 8.

Legierungszusammensetzungen dieser Art sind zwar beispielsweise aus den US-PSen 4.025.367, 4.478.651 und 4.116.686 bekannt, es findet sich dort jedoch kein Hinweis auf den beanspruchten Verwendungszweck. Aus der Veröffentlichung Deutsches Kupferinstitut: "Legierungen des Kupfers mit Zinn, Nickel, Blei und anderen Metallen", Berlin, 1965, S. 55 bis 59, geht nur hervor, daß sich Kupfer-Zinn-Legierungen durch Löten und Schweißen gut verbinden lassen.

Aus dieser Legierung hergestelltes Halbzeug ist bei Herstellung über die klassischen Urform- und Umformverfahren problemlos handhabbar. Gleichzeitig ist die Legierung hervorragend hart lötbar mit den verschiedensten Loten. Offensichtlich entstehen bei den erfindungsgemäßen Fe-Gehalten keine derjenigen Oxide an der Oberfläche, welche eine schlechte Benetzbarkeit oder schlechten Lotfluß verursachen würden. Die Verwendung der vorgeschlagenen Legierung für die oben genannten gelöteten oder geschweißten Bauteile erfüllt damit also die weiter oben formulierten Wünsche in hervorragender Weise.

P kann der erfindungsgemäß zu verwendenden CuSnFe-Legierung bis zu etwa 0,5% zugesetzt werden. P bewirkt dabei eine mäßige Zunahme der mechanischen Festigkeit nach Kaltverformung. Um eine zusätzliche Desoxidation sicher zu stellen – wo immer dies als notwendig erachtet wird – sollte ein P-Gehalt von mind. 0,01% eingesetzt werden. Gehalte von über 0,5% sollten vermieden werden, da die während des Lötens in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre entstehenden Zunderschichten zu einem verstärkten Abplatzen neigen (K. Dies, "Kupfer und Kupfer-Legierungen in der Technik", Springer-Verlag, Berlin, (1967), S. 547 f.). Darüber hinaus reduzieren hohe P-Konzentrationen die Duktilität der CuSn-Legierungen (K. Dies, "Kupfer und Kupfer-Legierungen in der Technik", Springer-Verlag, Berlin, (1967), S. 547 f.). In Verbindung mit Fe führen hohe P-Gehalte zur Bildung von groben Fe-Phosphid-Partikeln, die für sehr viele Anwendungen unerwünscht sind. Sie stören den Gefügebau nachhaltig. Deshalb muß P in einem Massenverhältnis Fe/P \geq 2/1 eingestellt werden, um eine günstige Ausbildung des Gefüges durch sich freiausscheidendes Fe sicher zu stellen. Zur Verbilligung der Legierung können Teile von Kupfer durch Mn oder Zn einzeln oder zusammen ersetzt werden. Mehr als 10 Gew.-% Kupfer sollten jedoch nicht durch diese Metalle ersetzt werden, da die Gießbarkeit dann deutlich erschwert wird und die guten Korrosionseigenschaften der Cu-Sn-Fe-Legierung deutlich verschlechtert werden.

Beispiel

Die Ausführung der Erfindung kann an nachfolgendem Beispiel gezeigt werden. Die Legierungen wurden wie folgt zu Blechstreifen von 1 mm Dicke gefertigt:

Kokillenguß von Blöcken,

Homogenisierung bei 700°C/6 h,

Warmwalzen bei 760°C der überfrästen Gußblöcke mit einer Querschnittsabnahme von 45%,

Kaltwalzen der überfrästen Warmwalzstreifen mit einer Querschnittsänderung von 50% bezogen auf den Querschnitt der überfrästen Warmwalzstreifen, Glühbehandlung bei 500°C/4 h,

Fertigwalzen an 1 mm mit einer Querschnittsänderung von 75% bezogen auf den Querschnitt nach der ersten Kaltumformung.

Die Zusammensetzungen der Bänder sind nachfolgend zusammengestellt:

Legierung	Cu / %	Sn / %	Fe / %	P / %	Al / %
1*	91,11	8,55	0,30		
2*	91,08	8,22	0,66		
3*	90,36	8,58	1,03		
4*	89,44	8,62	1,90		
5	90,87	8,61	0,31	0,1724	
6*	91,07	8,16	0,65	0,0765	
7*	90,57	8,53	0,67	0,1879	
8*	91,06	7,97	0,64	0,286	

9	91,09	8,58			0,2862
10	90,89	8,49	0,31		0,2739
11	90,02	8,61	1,04		0,2821
12	91,90	8,06		0,024	

(*: Legierung erfindungsgemäß; Differenz zu 100 %: jeweils unvermeidbare Verunreinigungen)

Die Ergebnisse von Zugversuchen, die den der fertiggewalzten Bändern durchgeführt wurden, zeigt die folgende Tabelle

Legierung	$R_{p0,2}$ / MPa	R_m / MPa	$R_{p0,2} / R_m$	A_{10} / %
1*	882	907	0,97	2,6
2*	837	895	0,94	2,3
3*	860	901	0,95	3,7
4*	930	959	0,97	2,6
5	923	953	0,97	3,3
6*	839	920	0,91	2,7
7*	867	932	0,93	1,7
8*	917	935	0,98	1,9
9	873	906	0,96	3,8
10	874	912	0,96	3,5
11	888	919	0,97	2,3
12	828	895	0,93	2,4

Die Meßwerte für die Bruchdehnung A_{10} und das Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$, die an den erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungen ermittelt wurden, weisen eine gute Übereinstimmung mit den entsprechenden Werten auf, die man nach vergleichbaren Verarbeitungsschritten für die mit P desoxidierte Legierung 12 erhält. Da man von dem Beitrag der Bruchdehnung auf die Wirksamkeit der Desoxidation schließen darf (K. Dies, "Kupfer und Kupfer-Legierungen in der Technik", Springer-Verlag, Berlin, (1967), S. 126), kann aus dieser Übereinstimmung gefolgert werden, daß Fe das Ur- und Umformen von CuSn-Legierungen in gleicher Weise positiv beeinflussen wie P.

Zur Charakterisierung des Lötverhaltens wurden jeweils 2 Bandstreifen aus der gleichen Legierung hartgelötet, nachdem ihre Oberflächen entfettet und mechanisch gereinigt wurden. Zum Einsatz kam ein handelsübliches Silberlot mit einer Arbeitstemperatur von 710°C. Gelötet wurde unter Schutzgas ohne zur Hilfenahme eines Flußmittels. Das Ergebnis der Lötung wurde sowohl durch mechanische Torsionsprüfung als auch durch metallographische Begutachtung bewertet. Die Festigkeit der gefügten Werkstoffe in unmittelbarer Nähe des Lötspaltes – also in der Wärmeeinflußzone (WEZ) – wurde durch die Vickers-Härte HV charakterisiert. Die nachstehende Tabelle gibt Aufschluß über die erhaltenen Resultate.

Legierung	Härte HV Grundmaterial	Niedrigste Härte in WEZ nach Hartlötung	Gefüge in WEZ und Grundmaterial	Qualität Hartlötung
1*	273	95	in Ordnung	gut
2*	267	111	in Ordnung	gut
3*	274	127	in Ordnung	gut
4*	278	143	in Ordnung	gut
5	276	112	in Ordnung	mäßig
6*	266	105	in Ordnung	gut
7*	273	118	in Ordnung	gut
8*	272	121	in Ordnung	gut
9	273	87	in Ordnung	nicht brauchbar
10	274	103	in Ordnung	nicht brauchbar
11	279	121	in Ordnung	nicht brauchbar
12	275	81	in Ordnung	gut

(*: Legierung erfindungsgemäß; WEZ: Wärmeeinflußzone)

Die Ergebnisse belegen, die überaus günstige Wirkung von Eisen auf die Resthärte nach dem Löten.

Zur Überprüfung der Werkstoffverweichung beim Löten wurden Abschnitte der kaltverformten Bandabschnitte bei 700°C bis zu 5 min in einem Salzbad geglüht und nach verschiedenen Zeiten t die Resthärte HV gemessen. Man erhält dadurch die isotherme Entfestigungscharakteristik HV(t) des betrachteten Werkstoffs. Der Härteverlauf über der Zeit ist wichtig zur Beurteilung der Festigkeit nach dem Löten und der Sicherheit in der industriellen Fertigung von gefügten Bauteilen: Je höher die Resthärte HV(300 s) nach fünf-minütiger Glühbehandlung ist, desto höher ist die zu erwartende mechanische Stabilität der Lötverbindung; Je weniger sich die Härte im Verlauf der Zeit ändert, desto gleichmäßiger ist die Qualität der gefügten Bauteile und desto robuster ist der Fertigungsprozeß gegen unvermeidbare Schwankungen der Prozeßparameter. Ausgewertet wurde also einerseits die Höhe der Resthärte der Legierung Y (Y = 1,2 . . . 12) nach fünf-minütiger Glühbehandlung im Bezug zu der üblichen Phosphorbronze-Legierung 12: $HV(Y, 700^{\circ}\text{C}, 300\text{ s})/HV(12, 700^{\circ}\text{C}, 300\text{ s}) - 1$. Zum anderen wurden die Legierungen Y mit der Legierung 12 hinsichtlich der Verringerung der Differenz zwischen der Härte nach 60 s und 300 s verglichen: $1 - [HV(Y, 700^{\circ}\text{C}, 60\text{ s}) - HV(Y, 700^{\circ}\text{C}, 300\text{ s})]/[HV(12, 700^{\circ}\text{C}, 60\text{ s}) - HV(12, 700^{\circ}\text{C}, 300\text{ s})]$. Gute Werkstoffe im Vergleich zeigen für beide Auswertungen besonders große, positive Werte.

Legie- rung	Härte HV Beginn	Härte HV nach 60 s	Härte HV nach 180 s	Härte HV nach 300 s	Resthärte HV(300 s) im Vergleich zu Leg. 12	Verringg. d. Härteabfalles v. 60 bis 300 s gegen Leg. 12
1*	273	90	79	79	8 %	31 %
2*	267	118	108	108	48 %	38 %
3*	274	120	119	111	52 %	44 %
4*	278	135	133	128	75 %	56 %
5	276	106	105	102	40 %	75 %
6*	266	104	102	100	37 %	75 %
7*	273	114	113	110	51 %	75 %
8*	272	113	111	111	52 %	88 %
9	273	85	82	82	12 %	81 %
10	274	97	96	95	30 %	88 %
11	279	122	119	116	59 %	63 %
12	275	89	80	73	0 %	0 %

(*: Legierung erfindungsgemäß)

Es zeigt sich, daß mit Zugaben von Eisen ein guter Zugewinn in der Resthärte erzielt werden kann.
In Ergänzung zu den oben beschriebenen Untersuchungen wurden Bandabschnitte folgendermaßen in einer Schutz-
gasatmosphäre wärmebehandelt:

zwölfminütiges Glühen der Bänder in Formiergas (95% N₂, 5% H₂) bei 700°C, Ofenabkühlung auf 200°C,
Abkühlung auf Raumtemperatur in ruhender Laborluft.

Mit diesem Versuch wird qualitativ der Lötprozeß unter Schutzgas nachgestellt, mit dem Unterschied, daß Schwan-
kungen durch das Fertigungsverfahren ausgeschlossen sind. Die Auswertung des Versuchs umfaßt die Beurteilung der
Bänder hinsichtlich ihrer Oberflächenverfärbung und ihres Gefüges. Aus folgender Tabelle geht hervor, daß das Anlauf-
verhalten der Legierungen in der erfindungsgemäß zu verwendenden Zusammensetzung mit dem der üblichen Phosphor-
Bronzen vergleichbar ist. Bei hohen Fe-Gehalten ist die Verfärbung sogar geringer als bei den gängigen CuSn-Legierun-
gen. In diesem Fall ist eine schönende Nachbehandlung der Oberflächen in der Nähe der Lötnaht nur in verringertem
Umfang oder gar nicht notwendig.

Legierung	Veränderung der Oberflächenfarbe nach der beschriebenen Wärmebehandlung im Vergleich zum ungeglühten Ausgangszustand	
1*	deutliche Verfärbung	5
2*	schwache Verfärbung	
3*	schwache Verfärbung	10
4*	schwache Verfärbung	
5	deutliche Verfärbung (abblätternde Zunderschicht)	15
6*	schwache Verfärbung	
7*	schwache Verfärbung	20
8*	schwache Verfärbung	
9	sehr starke Verfärbung	25
10	sehr starke Verfärbung	
11	sehr starke Verfärbung	
12	deutliche Verfärbung	30

Die Mikrostruktur der erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungen ist nach oben genannter Wärmebehandlung wie folgt zu charakterisieren: Das Gefüge ist frei von Oxiden, obwohl wie nach dem Stand der Technik gemein hin als notwendig angesehen wird kein Phosphor legiert wurde. Es können nur Ausscheidungen nachgewiesen werden, in denen die erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungselemente Fe bzw. Sn angereichert sind. Die mittleren Korngrößen betragen in den erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungen nach obiger Wärmebehandlung nur ca. 25 µm. Dies ist auf die kornfeinende Wirkung des Fe zurückzuführen. Falls gewünscht, ist es auch möglich die erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungen nach dem Fügen umzuformen, ohne daß auf der Bauteiloberfläche Rauigkeiten entstehen, wie man dies von Zinnbronze-Legierungen nach dem Stand der Technik kennt.

Für die Gesamtbewertung der untersuchten Legierungen ergibt sich folgende Übersicht:

Legierung	Gefüge in WEZ und Grundmaterial	Qualität Hartlötung	Resthärte HV(300 s) im Vergleich zu Leg. 12	Verringg. d. Härteabfalles v. 60 bis 300s gegen Leg. 12	Verfärbung der Oberfläche nach Wärmebehandlung in Schutzgasatmosphäre	Relative Gesamteignung gegenüber Leg. 12
1*	in Ordnung (=100%)	gut (=100%)	8 %	31 %	deutlich (50 %)	39 %Pkte
2*	in Ordnung (=100%)	gut (=100%)	48 %	38 %	schwach (100 %)	136 %Pkte
3*	in Ordnung (=100%)	gut (=100%)	52 %	44 %	schwach (100 %)	146 %Pkte
4*	in Ordnung (=100%)	gut (=100%)	75 %	56 %	schwach (100 %)	181 %Pkte
5	in Ordnung (=100%)	mäßig (=50%)	40 %	75 %	deutlich (100 %)	115 %Pkte
6*	in Ordnung (=100%)	gut (=100%)	37 %	75 %	schwach (100 %)	162 %Pkte

7*	in Ordnung (=100%)	gut (=100%)	51 %	75 %	schwach (100 %)	176 %Pkte	5
8*	in Ordnung (=100%)	gut (=100%)	52 %	88 %	schwach (100 %)	190 %Pkte	10
9	in Ordnung (=100%)	nicht brauchbar (0%)	12 %	81 %	stark (0 %)	nicht brauchbar	15
10	in Ordnung (=100%)	nicht brauchbar (0%)	30 %	88 %	stark (0 %)	nicht brauchbar	20
11	in Ordnung (=100%)	nicht brauchbar (0%)	59 %	63 %	stark (0 %)	nicht brauchbar	25
12	in Ordnung (=100%)	gut (=100%)	0 %	0 %	deutlich (50 %)	0 %Pkte	30

(*: Legierung erfindungsgemäß)

Es wird deutlich, daß mit den erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungen ein hoher Zugewinn in der Gesamteignung erzielt wird. Der Zugewinn mißt sich in Prozentpunkten gegenüber der Vergleichsvariante Leg. 12, die eine herkömmliche Phosphorbronze ist. Offensichtlich ist, daß mit der erfindungsgemäßen Verwendung der vorgeschlagenen Legierungen die gestellte Aufgabe hervorragend gelöst wird.

Patentansprüche

1. Verwendung einer Kupfer-Zinn-Eisen-Legierung, die aus 4 bis 12% Zinn; 0,1 bis 4% Eisen; Rest Kupfer und üblichen Verunreinigungen besteht, zur Herstellung von gelöteten oder geschweißten Schmuckstücken, Bekleidungsaccessoires, Brillen und Brillenteilen.
2. Verwendung einer Kupfer-Legierung nach Anspruch 1 mit 6 bis 10% Zinn; 0,5 bis 2,5% Eisen; für den Zweck nach Anspruch 1.
3. Verwendung einer Kupfer-Legierung nach Anspruch 1 mit 7 bis 9% Zinn; 1 bis 2% Eisen; für den Zweck nach Anspruch 1.
4. Verwendung einer Kupfer-Legierung nach Anspruch 1 mit 10 bis 12% Zinn; 2,5 bis 4% Eisen; für den Zweck nach Anspruch 1.
5. Verwendung einer Kupfer-Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der das Eisen ganz oder teilweise durch Kobalt ersetzt ist, für den Zweck nach Anspruch 1.
6. Verwendung einer Kupfer-Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, die zusätzlich Mangan und/oder Zink bis zu insgesamt 10% enthält, für den Zweck nach Anspruch 1.
7. Verwendung einer Kupfer-Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, die zusätzlich 0,01 bis 0,5% Phosphor enthält, wobei das Massenverhältnis von Eisen zu Phosphor mindestens 2 zu 1 beträgt, für den Zweck nach Anspruch 1.
8. Verwendung einer Kupfer-Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, die zusätzlich bis zu 3 Volumen-% Blei als Spanbrecher enthält, für den Zweck nach Anspruch 1.

- Leerseite -